

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

実写映画とアニメーションの動きの違い：「不気味の谷」を枠組みに

著者	吉村 浩一
出版者	法政大学文学部
雑誌名	法政大学文学部紀要
巻	77
ページ	63-75
発行年	2018-09-28
URL	http://doi.org/10.15002/00021358

実写映画とアニメーションの動きの違い

——「不気味の谷」を枠組みに——

吉 村 浩 一

抄 録

第1章では、実写映画の動きの知覚をめぐる心理主義から物理レベルにまで広がるいくつかの説明理論を紹介し、現時点では定説を得るに至っていないことを指摘した。ただし、毎秒16枚以上でわずかずつ変化する静止画を変化させて提示する実写映画は滑らかな動きとして知覚されることに異論を唱えるものはいない。

後半では、それを踏まえて、アニメーションの動きは実写映画の動きとは性質が異なることを主張した。実写映画とさまざまなタイプのアニメーションの動きの違いを捉えるには、1970年にロボット工学者森政弘が提案した「不気味の谷」の図式を用いることで見通しが得られる。毎秒24コマの画像シークエンス（1コマ打ち）で構成される実写映画を、アニメーションと同様に2コマ打ちや3コマ打ちに変えると、動きの劣化が明確になってしまうのは「不気味の谷」に落ちるためである。それに対し、2Dセル・アニメーションでは、1コマ打ちと2・3コマ打ちのあいだに「不気味の谷」が存在しないため、動きの劣化はほとんど感じられない。

キーワード：アニメーションの動き、short-rangeの運動、不気味の谷、実写映画、CGアニメーション

はじめに

位置や形を変えながら毎秒24コマまたは30コマで提示される静止画に対し、われわれは滑らかで自然な動きを知覚する。よく知られた映画や液晶テレビの原理である。映画の場合、コマ送り中のフィルム映像の流れはシャッターで遮断される（以下、「off画像」と呼ぶ）。ただし、毎秒24回のoff画像挿入は人の眼に点滅感（フリッカー感）を与えるので、映画映写機では、2枚または3枚羽根シャッターを使い1コマを（コマ切り替えのための遮断も含めて）2回ないし3回点滅させる。これで毎秒48回ないし72回点滅となり、フリッカー感を防げる。フリッカー感は明るさレベルに依存し、薄暗い映画館のスクリーン映像では、毎秒48回のon/offで点滅感のない一定の明るさ

の映像として知覚される。

物理的には静止画の素早い切り替えなのに、人はなぜ映画や液晶テレビにおいて自然な動きを知覚するのだろうか。この問題は、人の知覚特性に関する問題なので、知覚心理学が解決すべき課題と思われる。すなわち、網膜から脳、そして意識へと向かう処理の中に解答があると考えられる。しかし、その処理が特段の個人差なく達成されているなら、必要な物理要件を明らかにしさえすれば、「メカニズム説明」と見なせるかもしれない。そうなれば、心理学が立ち入る必要のない、物理の問題となる。

本研究では、実写映画とアニメーションの動きは異質であることを主張する。その上で、アニメーションの動きがどのような性質のものを論じていく。とは言え、最近では実写映画とアニメーションの境界線は不明瞭になっている（池田、2011

など)。本来なら、対象物の実際の動きを撮影しその動きを「再現」するのが実写映画で、静止画から新たに動きを「創出」するのがアニメーションであるが、近年発達したさまざまな特殊撮影（CG 化や SFX など）が実写映画とアニメーションにともに取り入れられているため、両者の境界線が曖昧になっている。本研究では、実写映画を旧来の「対象物の実際の動きを撮影しその動きを再現するフィルム映像」、アニメーションを「紙面やセル上に人の手で描かれた静止画から創出されたフィルム映像」という、それぞれの典型的制作様式で作られたものとして議論を進める。

最終的にアニメーションの動きを対象とするので、実写映画との比較は必ずしも必要ないかもしれない。しかし、アニメーション制作現場では、今日でも実写映画と同じく毎秒 24 コマというコマ割りが制作単位とされており、実写映画を引き合いに出して説明することは、アニメーション制作者の理解を促しやすいと考え、実写映画との比較をベースに議論を進めたい。

まず第 1 節において、実写映画でなぜ動きが知覚されるかについて、心理主義的説明から物理レベルでの説明（画像工学）まで広がる主要な考え方を紹介する。その説明概要を理解した上で、第 2 節において、アニメーションの動きが実写映画とは異なることを論じていく。その際、実写映画とアニメーションの動きの両方を同じ土俵に置く枠組みとして、「不気味の谷」という図式の導入を提案する。それらを踏まえ、第 3 節において結論的見解を示す。

1. 人はなぜ実写映像に滑らかな動きを知覚するのか

CFF (Critical Flicker Frequency), すなわち臨界フリッカー周波数という言葉がある。光の on/off の強度比や面積などによりその値にはかなりの幅があるものの、人はおよそ毎秒 40 ないし 50 回程度以上で繰り返す点滅を連続光と知覚する（たとえば、及川・大塚・森・佐藤・小口、

1995）。50 ないし 60 Hz の交流で土が切り替わる蛍光灯に点滅感を感じないのも、そのためである。同じ個人でも、疲労度の違いによってちらつき臨界値に微妙な違いが生じる（疲れているほど臨界値が低下する）ことを利用し、CFF は疲労度の指標としても活用されている。

滑らかな動きの知覚は、ちらつき感を抱かないことが前提なので、静止画像の点滅回数は毎秒 50 回程度以上は必要となる。しかし、必ずしも異なる画像をそれだけの枚数、必要とするわけではない。事実、実写映画では、毎秒 24 枚の静止画で滑らかな動き感を実現している（点滅回数は 48 回ないし 72 回）。点滅回数と必要画像枚数は、別の問題である。

1.1 実写映画に知覚される滑らかな動きは仮現運動か

ゲシュタルト心理学の記念碑的業績となった Wertheimer (1912) の研究以来、心理学では静止画の継時提示に滑らかな動きを知覚する現象を「仮現運動」と呼んできた。Wertheimer (1912) が対象とした仮現運動は、今日では「古典的仮現運動」（たとえば、Braddick, 1974）と呼ばれている。古典的仮現運動の観察事態は、2 枚の静止画像とその間に挟まれる短い off 画像で作られる。Wertheimer が用いた Schumann 式を改良したタキストスコープでは、回転する車輪の側面に 2 つのスリットが設けられ、その間に位置する不透過部分が off 画像（シャッター）の役割を果たす。この刺激事態を敷衍し、毎秒 24 枚の静止画がシャッターによる off 画像を挟みながら進行して作られる動きも古典的仮現運動によるとする考えは、今日でも根強い（1.2 の Anderson ら参照）。

古典的仮現運動において滑らかな運動を見るには、2 図形間に off 画像の挿入が必要である。この点に関するルールは、Wertheimer と同時代に「コルテの法則」（Korte, 1915）としてすでに示されていた。たとえば、2 刺激間の図形移動距離を長くすると、挟まれる off 画像の提示時間も長くしなければならない。off 画像の時間オーダー

は、数十ミリ秒から二百ミリ秒程度までである。

しかし、仮現運動におけるこのルールは、映画においては合致しない。映画では、移動距離の長短にかかわらず、シャッターによる off 画像持続時間は一定で、しかも極めて短い。2 枚羽根シャッターの映画映写機の場合、1 秒を 48 で割った高々 20 ミリ秒間のうちに、画像提示とシャッターによる off 画像挿入を行わなければならない。この時間は、ホルテの法則で最適運動が見えるとされる刺激間隔に比べ明らかに短い。

今日では、広く普及している液晶モニターで動画を見ることが多いが、液晶モニターの画像提示方式は「ホールド型」(栗田, 2002 など参照)と呼ばれ、次の画像提示までのあいだ (60 分の 1 秒間)、画像は消えることなく提示され続ける。すなわち、60 Hz のリフレッシュ・レートの液晶モニターでは、off 画像が挿まれないまま動きが知覚される。この点からも、映画の動きを古典的仮現運動で説明することには無理がある。ただし、ホールド型の液晶モニターであっても、フレーム間に短い暗転を挿入 (black data insertion) すれば、「hold-type blur」と呼ばれる画像ブレが弱まることが知られている (たとえば Didyk, Eisemann, Ritschel, and Myszkowski, 2012)。そのため、リフレッシュ・レートが 120 Hz 以上に上がった今日の液晶テレビの中には、この原理を採用している製品がある。しかし、その際の off 時間は 120 分の 1 秒程度と、10 ミリ秒にも満たないもので、古典的仮現運動の刺激間隔に比べて明らかに短い。この off 時間挿入は仮現運動における ISI 挿入の機能としてではなく、直前画像の残像を弱める効果をもつと考えられる (たとえば, Hammett, Georgeson, & Gorea, 1998)。

以上のことから、映画や液晶モニターで見る動きを古典的仮現運動の原理で説明することは適切でない。

1.2 short-range 運動という考え方

映画などの滑らかな動き知覚が古典的仮現運動でないとするれば、どのような説明が可能なのだろう

うか。映画研究者の Anderson らは、次のような主張を行った。

彼らは、まず Anderson and Fischer (1978) において、映画の動きは残像 (persistence of vision) により知覚されるという旧来の考え方を否定し、古典的仮現運動とする考えも不適切であると主張した (心理学分野においても, Hochberg, 1986 のレビューなどで、残像説や古典的仮現運動説は批判されている)。しかし、映画関係者のあいだですら誤った仮現運動説がしつこく残っているとし、Anderson and Anderson (1993) で改めて古典的仮現運動説を排除する主張を行った。彼らの主張は、彼らの論文に先立つ Braddick (1974) の提案に依拠していた。Braddick は、仮現運動を 2 種類に分け、Wertheimer 以来扱われてきた従来の古典的仮現運動を「long-range 処理」と呼び、それとは異なる「short-range 処理」が存在するとした。「long-range 処理」とは、off 画像を挟む 2 つの図形間の移動距離が長い場合の運動に対する処理であり、それとは別に、2 つの図形間の変化量が視角 1 度にも満たない短い運動の仮現運動処理を「short-range 処理」とした。Anderson らは、この Braddick の二分法を利用し、映画における運動知覚は、隣り合ったコマ間の映像移動量が小角度の場合に生じる「short-range 処理」によるとしたのである。Braddick は short-range の上限を、実験に基づき 1 度の 1/4、すなわち視角 15 分としたが、この値については、その後の批判的研究を受け入れ、条件によりかなり変動することを認めるべきである。のちの研究で、「short-range 処理」は、画像間の off 画像挿入が 40 ないし 60 ミリ秒以下で生じるとされた (Petersik and Pantle, 1979; Braddick, 1980)。

ところが、仮現運動を「short-range 処理」と「long-range 処理」に分ける考え方は、1980 年代以降、心理学領域では批判されている。特に、Braddick が、「short-range 処理」も仮現運動の一種であると位置づけたことは、刺激の性質を分けることとそれを検出するメカニズムを分けるこ

ととの混同として、Cavanagh and Mather (1989) により批判された。それ以来、この二分法は誤りとするのが定説である。

しかし、刺激側の性質として、コマ間での映像移動角度が小さければ滑らかな動きが知覚されやすいとするのは間違っていない。たとえば、Morgan (1980) は、次のような実験データにより、小刻みな変化が滑らかな動き知覚へと導くことを示した。small-stepwise (小刻みな階段状) に動く画像が 25 Hz 以上の時間周波数で提示されると、のこぎり波状の成分と滑らかな傾斜成分 (ramp component) のうち、人間の持つ視覚刺激に対する緩慢な時間処理能力のせいで、滑らかな傾斜成分のみが知覚される。Morgan のデータが示すように、コマ間の小刻みな画像変化 (short-range で変化する刺激) が滑らかな動き知覚を導くとの見解は正しいのである。

ところで、アニメーションでは登場するキャラクターやものの大きな変化 (long-range な変化) が、軽快でスピーディな動きを生む。アニメーションが得意とするアクション物や戦闘シーンでは、コマ間の long-range 変化が頻出する。そのような場面を見ていると、対象物は動いているというより、飛び移るように見える。本稿後半の 2.2 で改めて検討することになるが、実写映画が毎秒 24 枚の静止画を提示するのに対し、ほとんどのアニメーションは毎秒 12 枚 (「2 コマ打ち」という)、場合によっては毎秒 8 枚 (「3 コマ打ち」という) で動きを表現する。そのため、隣り合うコマ間の画像移動角度を short-range に抑えていると、秒速換算でせいぜい 3 度/秒以下のゆっくりした動きしか表現できなくなる。それでは、アニメーションが得意とする素早く軽快な動きは作れない。実際のアニメーションでは long-range 変化を多用し、スピーディで変化の激しい飛び移る映像を作っている。この点を逆発想して、short-range の画像変化だけで動きを表現すれば、2016 年公開の『この世界の片隅に』のような、穏やかで細やかな、そして滑らかな動きを基調とする作品ができあがる (片渕須直, 私信, 2017)。

1.3 標本化定理に基づく画像工学的説明

「標本化定理に基づく説明」に進む前に、それとは対照的な極めて心理主義的な説明を紹介することから始めたい。ドイツにおいて Wertheimer (1912) や Korte (1915) が仮現運動をめぐる研究を行っていたころ、アメリカの心理学者ミュンスターバーグ (1916/1982) は「奥行きと運動」と題する小論で、映画が動いて見える仕組みを次のように論じていた。彼自らが強調した箇所 (邦訳で傍点が付された部分) を引用しよう。

映画の世界では、奥行きと運動は、ともに動かせぬ事実としてではなく、事実と象徴の混じり合ったものとして、私たちの前に立ち現れる。それは現存していても、物のなかに存在するのではない。私たちがさまざまな印象に奥行きと運動とを付与するのである (邦訳書 p. 24, 引用箇所全体に付された傍点は省略した)。

要するに、実写映画に運動 (や奥行き) を知覚するのは、結局のところ映し出されているものの意味を捉える知覚者側の想像力によるところが大きいというのである。現在では、これは極端すぎる心理主義的説明であり、とても受け入れることはできない。たとえ、最終的に動きを知覚するのが人間の心だとしても、刺激の物理的性質の条件が整っていなければ、いくら想像力たくましくしても、滑らかな動きは知覚できない。これから取り上げる吹抜による「標本化定理に基づく説明」は、見る人の想像力による説明とは真逆の、物理的・客観的事実として説明することを目指すものである。ミュンスターバーグの言葉を借りれば、「(動きは) 動かせぬ事実として…物のなかに存在する」との主張と言える。

標本化定理が見いだされたのは 1949 年のことで、当初は音声など 1 次元信号が対象であった。音声記録の場合、毎秒 44100 回サンプリングしたデジタル値を再生すれば、人はどんな複雑な音でも生の音と区別できない音として聴くことにな

る。これと同じ「標本化」の考え方を動画像信号に適用したのが「標本化定理に基づく説明」である。そのためには、音声の場合の1次元を時空間3次元に拡大する必要がある、それが実現できたのは1980年以降であった。

1968年からテレビ信号の伝送方式や動き表現の研究を行ってきた吹抜は、長年の研究（吹抜、1981、2002、2014など）を整理し、私家版の書物（吹抜、2016）にまとめた。吹抜は「（コマ表現として人の眼に与えられる刺激は）主に視覚系からなる後置濾波器で復調して実際運動をえる。脳はこれを素直に受け取る」（吹抜、2016、p.3）と説明する。「コマ表現」とは、動画像（実際運動）を時間方向に標本化したものである。他方、知覚心理学は、網膜で受けとめた映像を脳内で処理し、運動・形・奥行などの知覚に至るというモデルを立てるが、吹抜は「視域運動（可視時空間周波数帯域運動）」を定義し、コマ表現であっても滑らかに動くのは、視域運動（人の眼が感知しうる帯域）は実際運動成分のみであるとする（吹抜、2016、p.3）。時間的にも空間的にも、一定以上の高い周波数刺激を人は感知できない（1.1のCFFの説明の際に取り上げたように、50 Hz程度以上の高い時間周波数の視覚刺激は連続光として知覚される）。なお、吹抜の「標本化定理に基づく説明」は本人自身が記しているように（吹抜、2016、p.ii）、Watson, Ahumada, and Farrell (1986)が心理学の専門紙に発表した「sampled motion」（吹抜のいう「コマ表現」）の考え方を発展させたものである（吉村・佐藤、2014では、吹抜の「標本化定理による説明」についてより詳しく解説した）。

実写映画やテレビ映像の動きに実物の動きと変わらない滑らかさを知覚する理由については、ここまで説明してきたように、次元の異なる複数の説明が併存しており確定的メカニズムを示せないのが現状である。しかし、刺激の性質として、実写映画では「short-range 変化」を保ちつつ毎秒16枚以上の静止画を継時提示すれば滑らかな動きが知覚されるという事実認識に関する限り異論は示

されていない。実写映画に対するこの認識を踏まえ、アニメーションの動きは、そのような実写映画の動きとは異なるとする、本論の核心へと進んでいきたい。

2. 「不気味の谷」を枠組みにアニメーションの動きを捉える

2.1 実写映画とアニメーションの動きの直接比較

映画の歴史を振り返ると、映画撮影機や映写機が毎秒24コマを標準とするようになったのは1927年以降で、それまでは手回しということもあり、毎秒のコマ数は16から18コマと幅があった（モノコ、1993）。すなわち、実写なら、その程度の静止画数で、滑らかな動きが知覚できたのである。逆に言えば、静止画数がそれより少ないと、不自然でバタついた動きが知覚される。

実際に、毎秒24コマで構成された実写映画をアニメーションの場合と同じ12コマないし8コマに落とした動画を観察すると、人の動きは粗いサンプリングによりビリビリと引っかかるバタついた動きとなり、本物の動きではないという違和感を抱く。特に、人の動きにおける画像劣化は顕著で、毎秒8コマはもちろん、12コマでも明確に感じる。

それに対し、アニメーションは、現在の劇場用作品でも毎秒24コマ（1コマ打ち）での作画は例外的で、毎秒12コマ（2コマ打ち）が標準で、場合によっては毎秒8コマ（3コマ打ち）で動きを表現している。そのような「手抜き」が可能なのは、実写映画とは違い、2コマ・3コマ打ちに落としても、1コマ打ちのアニメーションからの劣化がほとんど知覚されないからである。それゆえ、労力・費用・時間的有利さから、2コマ打ちや3コマ打ちが実用的制作法として定着してきた。ただし、直線的な動きはアニメーションにおいても滑らかに見えず、動いては止まる引っかかり感が目につくため、それを防ぐ必要があるときには1コマ打ちが用いられる（このことは、現場アニ

メーターの経験則を記した岡部・吉村、2007に記した)。

2017年6月25日開催の第19回日本アニメーション学会大会での発表(吉村、2017)において、実写とアニメーションを1, 2, 3コマ打ちした映像を比較提示し、実写とアニメーションのあいだに上記の違いがあることを、発表の場にいた会員たちに観察してもらった。観察事態では、実写映画またはアニメーションのどちらにも、ティアリング(tearing)やスタッタリング(stuttering)など、画面への描画応答速度が追いつかないことに伴う画像の乱れはなく、所期の目的通りの画像表示が実現できていた。1コマ打ちから2コマ打ち、3コマ打ちに変化させる物理的操作は、実写映画の場合とアニメーションの場合で同じであるにもかかわらず、知覚面での劣化感は明らかに異なった。実写映画とアニメーションでは、動きの滑らかさに対する基準が違うのである。

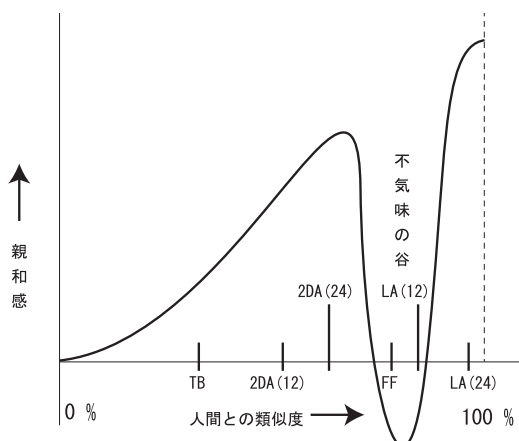
2.2 「不気味の谷」とは

実写とアニメーションの動きの性質の違いを捉える枠組みとして、「不気味の谷」の概念の導入を提案する。アニメーションについて論じる際、この用語はすでに多くの研究者により用いられてきた(Garland, 2015; 瀬川, 2006; 月元, 2017; Yamada, Kawabe, and Ihaya, 2013など)。また、キャヴァリア(2012, p. 334)は、「キャラクターはリアルすぎると気味が悪く目の死んだ蠟人形が動いているようになってしまう」と、リアルさに近づくことにより生じる「不気味さ」を強調している。さらに、Tinwell(2014)は最近の高度化されたゲーム(本物の人間にきわめて近づいた外見と仕草ができるようになったキャラクターによるゲーム)でもなおぬぐいきれない「不気味の谷」をめぐる一書を著している。しかし、そこで扱われている動きは、視線や表情、対人コミュニケーション場面での応答(握手や頷きの微妙なタイミングなど)で、本稿で扱うようなコマ数の間引きに関するものではない。本稿ではさらに、実写映画とアニメーションの基準の違いを捉える「枠組

み」という新たな意義を提案したいのである。

まずは「不気味の谷」が使われ始めた状況から説明しよう。この用語は、日本のロボット工学者の森(1970)によって、人間らしさに近づいてくるロボット技術を評価するため、半世紀近く前に発案されたものである。図1は、森が作成した不気味の谷の図をベースに、実写映画やアニメーションなどの動画を横軸上に筆者が位置づけたものである。「不気味の谷」を提案するにあたり、森は次のように述べていた。ロボットと人間の類似度を横軸にとり、縦軸にそのロボットに対する親和感をとると、ロボットが人間に類似してくるにつれて親和感は増してくる。しかし、そのカーブは単調な右上がり増加関数とはならず、類似度が100%になる少し手前で、親和感が急にマイナス領域に落ち込む傾向がある。この用語が最初に発表されたのは『energy』という民間企業の広報誌で、1970年のことであった。SF作家の小松左京、哲学者の吉田夏彦、それに森政弘の3人が監修者となり、紙上で「ロボットの技術と思想」という特集号が組まれ、そこで森により「不気味の谷」が発案されたのである。最初の発表以降しばらく、この用語は注目されることがなかった。

ところが、2005年頃から、この用語は「uncanny valley」と英訳され、欧米でにわかに関心が高まった。森(2014)によれば、そのころから森のもとへ問い合わせや図の転載許可依頼、国際会議の専門部会への出席依頼、アメリカの雑誌からの取材などが頻繁にくるようになったそうである。半世紀近く昔に思いついた「不気味の谷」がさまざまな学問や多岐にわたる領域において国際会議が行われるほどの影響を与えたことに、もっとも驚いたのは森自身だったようである。アニメーションと関係する箇所を、森(2014)の文章からかいつまんで紹介しておく。サンフランシスコの有名なテクノロジー雑誌『WIRED』誌から森のもとに取材依頼があり、わざわざアメリカから東京まで記者が来たそうである。その記者の話によれば、最近ハリウッドで「不気味の谷」が大きな話題になっているとのこと。「不気味の谷」を無



2DA(12) : 2D セル・アニメーション (12fps)
 2DA(24) : 2D セル・アニメーション (24fps)
 FF : 実写映画に近づいた『ファイナル・ファンタジー』(2001)
 TB : 1960年代の人形劇『サンダーバード』
 LA(24) : 実写映画 (24fps)
 LA(12) : 実写映画 (12fps)

図1 森(1970)の「不気味の谷」の枠組みに実写映画やアニメーションの位置づけを描き込んだ図

視した、妙に人間に似すぎて気味悪い、つまり「不気味の谷」に落ち込んだキャラクターを使ったために、そのアニメーションの興行成績が振るわなかったそうである。そのとき例にあがったのは、『ファイナルファンタジー』や『ベオウルフ』であった。ハリウッドでは、これらが興行的に成功しなかったのは「不気味の谷」に落ちてしまったからだと言われているとのことである。

本論で主張するのは、このような落とし穴としての意義だけではない。リアルでない従来の2Dセル・アニメーションを中心に、アニメーションの動きと実写映画の動きの違いを「不気味の谷」図式を利用して位置づけたいのである。視覚情報における動きの「リアリティ」は、本物の動きと物理的隔たりが極めて小さい動きに対して抱くものである。しかし、物理的隔たりでは捉えきれない「感性」のはたらきも強く関わってくる。そのような観点からの問題意識は、心理学でも近年注目されており(たとえば、佐藤, 2006)、本稿で主張する「不気味の谷」の役割も、そうした物理的隔たりだけでは測れない「感性」を含み込むこ

とを意図している。実写映画もアニメーションも、1コマ打ちから2コマ打ちに変化させるときの物理的操作は同じなのに、「感性」面での違いが非常に大きいのである。

2.3 枠組みとしての「不気味の谷」

森の提案した「不気味の谷」図式の「100%」地点とは、実物の動きそのもののことである。実写映画は毎秒24枚の静止画の素早い切り替えにより「100%」地点を目指しており、ほぼそれに近い位置を達成している(図中LA(24)で示した)。すなわち、「不気味の谷」を通り越し実物の動きに近づいている。ところが、その実写映像を毎秒12枚に間引いた映像(図中LA(12)で示した)は、実際の人間の動きからは感知されないビリビリとしたバラつき感を与える。LA(12)は、「不気味の谷」に落ちたのである。

森の説明に例示された2001年公開のCG映画『ファイナルファンタジー』なども、「100%」を目指して作られたはずである(キャヴァリア, 2012は、2001年の『ファイナルファンタジー』

は「ハイパーリアルなキャラクタや環境を描く真剣な取り組みだった」と評している)。しかし、十分に近づけなかったため、「不気味の谷」に落ち込んでしまった(図中FFで示した)。

従来の2Dセル・アニメーションをこの図式に描き入れるとすれば、どこに位置するだろうか。2.1で指摘したように、それらは人間や動物などのキャラクタの動きを毎秒12コマで表現しており、およそ現実の人間の動き(100%地点)には到達していない。図1に書き込むとすれば、「不気味の谷」よりかなり左寄りの「2DA(12)」位置となる。要するに、実空間での人や動物などの動きを実写映画で表現したもの(LA(24))と、アニメーション・キャラクタの動きを2Dセル・アニメーションで表現したもの(2DA(12))は、「不気味の谷」を挟み反対側に位置する。1コマ打ちのアニメーション映像なら「2DA(12)」より少し右寄り(図中の2DA(24))となるが、その間に「不気味の谷」はなく、「2DA(12)」とのわずかな違いは気にならない。LA(24)-LA(12)と2DA(24)-2DA(12)は、物理的には同じ距離だが、前者には明らかな劣化感があり、後者では違いがほとんど感じられない。それは、LA(24)とLA(12)のあいだに「不気味の谷」があるのに対し、2DA(24)と2DA(12)のあいだにはないからである。

この枠組みを使い、別カテゴリーのアニメーション作品を位置づけてみよう。イギリスのテレビ人形劇『サンダーバード』は、1965年から翌年にかけて放送されたもので、筆者を含め、この作品をテレビで見ていた者にとって、『サンダーバード』と言えばこのシリーズのことである。そこで、これを「元バージョンのサンダーバード」と呼ぶことにする。人形劇である以上、登場人物や乗り物などの動きは実物の動き(100%地点)からはほど遠く、図1上にプロットするなら、2Dセル・アニメーション(2DA(12))よりさらに左位置(図中TBで示した)となる。ところで、この作品は2015年にCG化され、『サンダーバード ARE GO』として日本でも放送され、その出来

栄えは「元バージョン」に比べ明らかにリアルになった。図1に描き込むなら、「TB」よりかなり右寄りとなろう。このように、「不気味の谷」の図式を使えば、横軸上の絶対位置だけでなく、基準点(TB)からの相対的位置の検討も可能になる。『サンダーバード ARE GO』が絶対位置として「不気味の谷」の域に到達しているかどうかは、今後の実証的検討を俟たなければわからない。たとえ「不気味の谷」に達していたとしても、「谷」への落ち込みによる違和感と「元バージョン」からのリアルさの向上のどちらが優勢かも、実証研究を俟って評価すべきである。このように、「不気味の谷」の図式を物差しとして用いることは、今後検討すべき問題の輪郭を示すことにもなる。

近年、アメリカを中心に、アニメーションの3D化が進んでいる。立体感も増し動きの表現も毎秒30枚、さらには60枚の静止画を継時提示することで滑らかさが増し、「人間への類似度」を高める状況が整ってきた。しかし、3DCGアニメーションの目標点を不用意に「100%地点」に置くなら、「不気味の谷」への落ち込みリスクを抱え込むことになる。

さらに、2Dセル・アニメーションとして長く親しまれてきた作品でも、基準点がいつまでも図中の「2DA」位置にとどまるとは限らない。今後、同じアニメーションの3D版が作られ、そちらを見慣れていけば、そのアニメーションの基準点が右方向(3D版の方)へシフトするかもしれない。映像の動きや立体感のリアルさを主観的に評価するには、そうした時間経過に伴う基準変化も視野に入れなければならない。そうした変化を捉えるには、少なくとも日本のアニメーションが全面的に3D化していない現時点でデータ収集することが望まれる。現時点での測定値と、3Dバージョンが一般化した時点での測定値を比較することで、基準点の変化の有無を実証的に捉えることが可能となるはずである。

3. 結論の見解

3.1 アニメーションの動きは実写映画の動きと異なる

アニメーションの動きが実写映画と変わらない滑らかさを実現していると考えるのは誤りである。実際のアニメーションでの戦闘シーンなどの激しい動きは、実写映画（CG などの特殊処理は除く）が表現する実在物の動きとは異なり、現実の人や動物にはなしえない「飛び移るような」位置変化や形の変化で構成されている。加えて、アニメーションでは、本物の動きではありえない「タメ」や「ツブシ」など、誇張された動きや形表現も多用される。そもそも、アニメーションの動きには元となる実物の動きなどなく、アニメーターが創作する想像的動きなのである。アニメーターは、本物の動きや形を観察して作画に生かすことはあるが、動きを忠実に模写するのではなく、実物の動きから生み出される感性をつかみ取りそれを表現しようとするのである。

3.2 1コマ打ちアニメーションを2, 3コマ打ちにしても劣化を感じない理由

人や動物などの実物の動きを撮影した実写映画の場合、目標とする「100%」地点に近い動きが実現されており、それを2コマ打ち・3コマ打ちに落とすと、物理的には微妙な劣化であるにもかかわらず、見る人の感性は敏感に気づく。それに対し、アニメーション（特に2Dセル・アニメーション）の動きは、「100%」地点から離れた位置にあるため、1コマ打ちから2コマ打ちに変化させるに伴う物理操作は実写映画の場合と同じであるにもかかわらず、劣化をほとんど感じない。アニメーションの場合、1コマ打ちと2, 3コマ打ちのあいだに「不気味の谷」がないからである。

そもそも実写映画は、人や動物の実際の動きを毎秒数十回捉えた静止画による元の動きの「再現」であるのに対し、アニメーションは静止画から人工的に描き出していく動きの「創出」である。

「創出」された動きには誇張やデフォルメがふんだんに含まれていることから、目標とする動きが「100%地点」でないことは明らかである。アニメーションでは、2コマ打ち映像が動きの標準であり、むしろ1コマ打ちで創出された動きの方に（ヌメリ感などの）不自然さを感じてしまうことになる。

3.3 「不気味の谷」はネガティブ印象と限らない

普通速度で撮影した実写映画を少し早送り再生すると、人の動きに不自然さを感じる。本物との微妙な違いが「不気味の谷」へと導くからである。ところが、その動きに「不気味さ」や「不快さ」というネガティブ印象を感じるかと言えば、そうとは限らない。無声映画時代のチャップリンの動きが、まさにそれである。見る人の多くは、彼の動きに「コミカルなおもしろさ」を感じる。チャップリン映画だけでなく、毎秒16ないし18コマで撮影された無声映画時代のフィルム（手回し撮影のため2コマ程度の幅があった）をトーキー時代以降の（毎秒24コマで送る）映写機にかけて見ると、その動きは撮影時のほぼ1.5倍の速さとなる（時間が約3分の2に短縮される）。それは、ときに本物の人間ではなしえない「頓狂な」動きに見える。この点について、モナコ（1993）は次のようにコメントしている。「サイレント映画がトーキー・スピードで映写されると——今日しばしばそうされているように——スピード・アップされた効果が生じて、アクションは本来のものよりずっとコミカルに見える」（p.80 下段）。要するに、「不気味の谷」に陥ることの本質は、不気味さにあるのではなく、本当の動きとは違うことに気づく感度の高まりにある。

3.4 「不気味の谷」の図式を当てはめるべき対象は限定的

現実の動きに近いが、そこまで十分に近づいていない動きが「不気味の谷」に落ちる。はたしてそれは、あらゆる実物の動きに当てはまるのだら

うか。結論的見解を示すには実証的検討を俟たなければならぬが、筆者は、おそらく人間の動き、もう少し範囲を広げても、よく見知ったものの動きに限られると考える。

顔は、2つの目と眉、1つの鼻と口をもっている。人は、そうした同じ要素からなる何千もの人間の顔を識別し、記憶している。そうした顔の認知に関して、自分の属している人種の顔は他人種の顔より弁別しやすくかつ覚えやすいという「own-race bias (ORB)」と呼ばれるものが、心理学で古くから知られている (Feingold, 1914 など)。たとえばわれわれ日本人にとって、日本映画なら登場人物を区別しやすいが、欧米映画ではそれが難しい。

このことから類推すると、人は自分もその一員である人間の動きには鋭敏だが、他の動物や見慣れないものの動きの微妙な違いには気づきにくい。「不気味の谷」の図式が当てはまるのは、人の動きを中心とする、よく見知ったものの動きに限定されると考えられる。

3.5 アニメーションが目指す動きとは

アニメーション制作現場ではCG化技術が進み、実際の人間などの生物の動きや物理法則に従う諸物体の動きを実物の動きと区別できないレベルにまで近づけた作品も作られ始めている。特に、ゲーム業界ではリアルな動きに価値を置き、めざましい進展を遂げつつある。近い将来には、2001年の『ファイナルファンタジー』とは違い、「不気味の谷」を乗り越えた作品も生まれるだろう。ところで、絵が動くこと自体が面白く、より面白い動きを追求することから始まったアニメーション作りの目標点を、現在の日本のアニメーション作家たちはどこに置いているのだろうか。もしも、「未来のファイナルファンタジー」のように、実物の動きに近づけることを目標点としているなら、それはもはや実写映画と変わらないものとなるだろう。アニメーション作家たちは、そのような作品を目指しているのだろうか。

アニメーションの歴史を振り返ると、実際の人

の動きをトレースしたロトスコープや、1コマ打ちで実際の動きに近づけた作品が過去において作られてきた。それらの作品に抱きがちな「ヌメリ感」は、「不気味の谷」症状の1つかもしいない。CG化・3D化の使用を限定的にしか取り入れず、いまなお2Dアニメーションの魅力を大切にしている多くの日本のアニメーション作家が目標としているのが「未来のファイナルファンタジー」だとは思えない。実物の動きでは表せない、アニメーション独自の動きを求めているはずである。

本稿で指摘した「不気味の谷」に関わる諸見解は、現時点では客観的測定データに裏うちされておらず、アニメーションを実際に制作している人たちから得た情報や筆者によるデモンストレーションに基づくものである。アニメーション制作現場の人たちの豊かな知恵と優れた表現力、それに動きの感性を客観的に評価する手法を模索する心理学からの取り組みが加わって、アニメーションの動きを捉える豊かな目が育つことを期待して、本論を終えることにしたい。

引用文献

- Anderson, J. and Anderson, B. (1993). The myth of persistence of vision revisited. *Journal of Film and Video*, 45, 3-12.
- Anderson, J. and Fischer, B. (1978). The myth of persistence of vision. *Journal of the University Film Association*, 30, 3-8.
- Braddick, O. J. (1974). A short-range process in apparent motion. *Vision Research*, 14, 519-527.
- Braddick, O. J. (1980). Low-level and high-level processing in apparent motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* 290, 137-151.
- Cavanagh, P. and Mather, G. (1989) Motion: The long and short of it. *Spatial Vision*, 4, 103-129.
- キャヴァリア, S. 仲田由美子・山川純子 (訳) (2012). 世界アニメーション歴史事典 ゆまに書房 (Cavalier, S. (2011). *The world history of animation*. CA: University of California Press.)
- Didyk, P., Ritschel, T., Eisemann, E., and Myszkowski, K. (2012). Exceeding physical Limitations:

- Apparent display qualities. In R. Lukac (ed.) *Perceptual digital imaging*. Boca Raton: CRC Press. pp. 469-502.
- Feingold, C. A. (1914). The influence of environment on identification of persons and things. *Journal of Criminal Law and Police Science*, 5, 39-51.
- 吹抜敬彦 (1981). 画像のデジタル信号処理 日刊工業新聞社
- 吹抜敬彦 (2002). 画像・メディア工学 コロナ社
- 吹抜敬彦 (2014). 何故、残像や仮現運動ではないのか〜視知覚信号処理工学におけるコマ表現の解き方〜 映像情報メディア学会技術報告 *ITE Technical Report*, 38, HI2014-43, 3DIT2014-16 (Mar. 2014)
- 吹抜敬彦 (2016). 視知覚信号処理学〜動き錯視を通信理論で解く 知覚心理学と画像工学のために〜 イメトピア研究室 (私家版)
- Garland, A. (2015, April 6). *Beyond the Uncanny Valley: Alex Garland on "Ex Machina"* [Interview by Fagerholm, M.] Matt Fagerholm Biography & Movie Reviews | Roger Ebert. Retrieved from <https://www.rogerebert.com/interviews/beyond-the-uncanny-valley-alex-garland-on-ex-machina>
- Hammett, S. T., Georgeson, M. A., and Gorea, A. (1998). Motion blur and motion sharpening: temporal smear and local contrast non-linearity. *Vision Research*, 38, 2099-2108.
- Hochberg, J. (1986). Representation of motion and space in video and cinematic displays. In K. R. Boff, L. Kaufman, & L. P. Thomas (Eds.) *Handbook of perception and human performance*. Vol.1 *Sensory processes and perception*. New York: John Wiley and Sons. Chapter 22.
- 池田宏 (2011). アニメーションの概念とその特性 アニメーション研究, 12, 3-10.
- 片渕須直 (私信). 2017 年 3 月 18 日に日本大学文理学部百周年記念館にて開催の日本心理学会公開シンポジウム「アニメの心理学Ⅱ」でのディスカッション。
- Korte, A. (1915). Kinematoskopische Untersuchungen. [Cinematoscopic investigations] *Zeitschrift für Psychologie* 72, 193-296.
- 栗田泰市郎 (2002). ディスプレイの時間応答と動画の高画質化 信学技報 *EID2001-84*, 13-18.
- モナコ, J. 岩本憲児・内山一樹・杉山昭夫・宮本高晴 (訳) (1993). 映画の教科書 フィルムアート社 (Monaco, J. (1981). *How to read a film: The art, technology, language, history, and theory of film and media*. Revised edition. Oxford: Oxford University Press.)
- Morgan, M. J. (1980). Analogue models of motion perception. In H.C. Longuet-Higgins & N.S. Sutherland (Eds.) *The psychology of vision*. London: Royal Society.
- 森政弘 (1970). 不気味の谷 *energy*, 7, 33-35.
- 森政弘 (2014). ロボット考学と人間 ― 未来のためのロボット工学 ― オーム社
- ミュンスターバーグ, H. 林譲治 (訳) (1982). 動きと運動 岩本憲児・波多野哲朗 (編) 映画理論集成 フィルムアート社 pp.12-24. (Munsterberg, H. (1916). *The photoplay: A psychological study*. New York: Arno Press.)
- 及川充・大塚正男・森邦宏・佐藤昌美・小口正信 (1995). 臨界フリッカー融合頻度 (CFF) に対する統計的解析 照明学会誌, 79 (8A), 416-419.
- 岡部望・吉村浩一 (2007). アニメーション制作現場での「動き」に関する経験則 基礎心理学研究, 26, 83-88.
- Petersik, J. T. and Pantle, A. J. (1979). Factors controlling the competing sensations produced by a bistable stereoscopic motion display. *Vision Research*, 19, 143-154.
- 佐藤隆夫 (2006). 視覚表現と心理的リアリティ 基礎心理学研究, 24, 195-214.
- 瀬山淳一郎 (2006). 人造顔の知覚 基礎心理学研究, 25, 91-95.
- Tinwell, A. (2014). *The Uncanny Valley in Games and Animation*. Boca Raton: CRC Press.
- 月元敬 (2017). 実在ロボットに対する不気味の谷現象に関する感性評価研究 ― 心の知覚の観点から ― 日本感性工学会論文誌, 16, 293-298. doi: 10.5057/jjske.TJSKE-D-16-00091.
- Watson, A. B., Ahumada, A. J., and Farrell, J. E. (1986). Window of visibility: a psychophysical theory of fidelity in time-sampled visual motion displays. *Journal of Optical Society of America*, A/3, 300-307.
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, 61, 161-265. (Wertheimer, M. (2012). Experimental studies on seeing motion. In L. Spillmann (ed.) *On perceived motion and figural organization*. Cambridge, MA: The MIT Press. pp. 1-91.)
- Yamada, Y., Kawabe, T., and Ihaya, K. (2013). Categorization difficulty is associated with

- negative evaluation in the “uncanny valley” phenomenon. *Japanese psychological research*, 55, 20-32. doi: 10.1111/j.1468-5884.2012.00538.x.
- 吉村浩一（2017）.“不気味の谷”を枠組みに用いてアニメーションの動きを捉える 第 19 回日本アニメーション学会大会発表概要, 15.
- 吉村浩一・佐藤壮平（2014）. 映画やアニメーションに動きを見る仕組み——仮現運動説をめぐる心理学的検討—— 法政大学文学部紀要, 69, 87-105.

The Essential Difference in “Motion” between Animation and Live Action Film:

‘Uncanny Valley’ as a Frame of Reference

Hirokazu YOSHIMURA

Abstract

In the first chapter of the present paper, the author introduced a couple of different theories, spreading from metaphysical (mentalistic) to physical level, for explaining motion perception of live action film and concluded that we have not obtained a broadly accepted theory now. No researchers, however, disagree with the idea that one can perceive smooth motion to the still images successively presented at more than 16 frames per second.

Based on the above understanding, the author insisted that the motion perception of animation film is qualitatively different from that of live action film in the second half. For understanding the difference of motion perception between live action film and animation film, the author proposed it was useful to introduce the term, *Uncanny Valley*, which was originally used by Masahiro Mori, a Japanese robot scientist, in 1970. When watching live action film with 12 or 8 fps (frames per second) instead of with 24 fps, we feel obvious deterioration of motion, because there is *Uncanny Valley* between them. On the contrary, we hardly feel difference between the motion with 24fps and the motion with 12 or 8 fps in the case of animation film, because there is not *Uncanny Valley* between them.

Keywords: motion of animation, short-range motion, *Uncanny Valley*, live action film, CG animation